

53TCA. INFLUENCIA DE PRETRATAMIENTOS CON OZONO GASEOSO Y LUZ UV-C EN LA CONSERVACION DE RÚCULA CORTADA

GUTIERREZ, D. R.¹; TORALES, A. C.¹; CHAVES, A. R.²; RODRÍGUEZ, S. DEL C.¹

1. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (S) 1912. (4200) Santiago del Estero - Argentina.

E-mail: silviadepece@hotmail.com

2. CIDCA-CONICET-UNLP. 47 y 116 – (1900) La Plata - Argentina

Resumen: El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de pretratamientos con luz UV-C y ozono gaseoso en la calidad de hojas de rúcula mínimamente procesada. Hojas cortadas se irradiaron con las siguientes dosis de luz UV-C: 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 J/cm² y con ozono gaseoso con las siguientes concentraciones 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 mg/L. El producto acondicionado en bandejas y recubierto con Polipropileno se almacenó a 5°C durante 12 días. Periódicamente se evaluó: características organolépticas (apariencia, marchitamiento, desarrollo de podredumbres y pérdida de color y olor característico), color (L*, a* y b*), sólidos solubles, acidez y ácido ascórbico (AA).

Al analizar en conjunto los descriptores analizados a través del análisis sensorial se determinó que las dosis de UV-C más adecuadas serían 1,5 y 1,0 J/cm² y para ozono 1,0; 1,5 y 2,0 mg/L. En las muestras tratadas con 0,5 J/cm² el nivel de AA disminuyó en aproximadamente un 12%, con 1 J/cm² un 19%, con 1,5 J/cm² 30% y en las tratadas con 2,0 J/cm² hasta un 40%. En el caso del ozono para la concentración de 0,5 y 1,0 mg/L el nivel de AA disminuyó aproximadamente un 10% y para las concentraciones de 1,5 y 2,0 mg/L un 5%. En función de los parámetros evaluados se podrían aplicar las dosis de UV-C de 1,0 y 1,5 J/cm² y concentraciones de ozono de 1,5 y 2,0 mg/L en estudios posteriores, a fin de diseñar un proceso de elaboración para rúcula precortada con el fin de prolongar su vida útil con cargas microbianas lo más bajas posibles y acordes a este tipo de producto.

1. Introducción

La rúcula (*Eruca sativa*, Mill) es una hortaliza que pertenece a la familia de las coles. En la década de los 90 se inició el cultivo a gran escala tanto al aire libre como en invernaderos en Argentina y actualmente su consumo se ha incrementado así como en países europeos. Se la distingue por su sabor amargo agradable y característico y por su contenido de fitonutrientes, con potencial saludable (Barillardi et al., 2005). En el mercado local se la comercializa generalmente en atados y en pocos supermercados en bandejas recubiertas con film autoadherente, sola o mezclada con otras hortalizas. Cantwell (2001) recomienda para la conservación de esta hortaliza una temperatura de almacenamiento 0-1°C y una HR del 95-100%.

Los vegetales mínimamente procesados (VMP), también conocidos como productos de la IV gama, han cobrado gran relevancia a nivel mundial ya que los consumidores prefieren productos de alta calidad y listos para ser empleados o consumidos. Los VMP, frente a los productos frescos, presentan la desventaja de que su vida útil es menor debido al procesamiento que han sufrido.

Una de las innovaciones tecnológicas surgida en los últimos tiempos, encaminada a preservar la calidad del producto vegetal cortado y listo para consumir es el empleo de la radiación UV-C, de una longitud de onda de 254 nm, la cual tiene un efectivo poder

germicida. Se trata por tanto de una radiación no ionizante (tratamiento físico que no deja residuos) con efecto microbicida por dañar el ADN microbiano, llegando a causar la muerte celular, sin alterar la estructura de las células vegetales (Artes et al., 2006). La eficacia de la radiación UV-C no parece depender de la temperatura en el rango de 5-37°C, pero sí de la incidencia sobre el producto (Ben-Yehoshua y Mercier, 2005).

En los últimos años se han llevado a cabo muchos estudios para conocer el efecto de la luz UV-C en diferentes vegetales, con el propósito de reducir la carga microbiana superficial de los vegetales, controlar enfermedades, retardar procesos relacionados con la maduración (Barka et al., 2000) y, también, para estudiar cómo el estrés provocado por esta irradiación afecta el desarrollo del daño por frío en algunos productos sensibles (Vicente et al., 2005). Sin embargo hay pocos estudios relacionados con el efecto de tratamientos de luz UV-C de corta duración en hortalizas de hojas cortadas.

Por otra parte, algunos investigadores han realizado estudios con ozono gaseoso y ozono disuelto en agua, como una alternativa para llevar a cabo la sanitización de frutas y hortalizas durante su preparación para ser comercializados frescos y en productos precortados (Aguayo et al., 2006; Artes-Hernandez et al., 2009).

Es importante tener en cuenta que seleccionar la forma adecuada de aplicación e intensidad de cualquier tratamiento para un vegetal depende del tipo de cultivar, estado fisiológico y sus características particulares. La información sobre rúcula precortada es escasa, y más aún la aplicación de diferentes pretratamientos tal como la luz UV-C y ozono, y el efecto sobre la calidad y conservación.

2. Objetivo

Evaluar el efecto de la aplicación del ozono y de radiación UV-C en la calidad, durante el almacenamiento refrigerado, de rúcula cortada mínimamente procesada.

3. Materiales y métodos

Se trabajó con rúcula obtenida en la provincia de Santiago del Estero. Las hojas fueron cosechadas y seleccionadas, lavadas con agua potable, cortadas en tiras de 1 cm y desinfectadas con solución de HClO (150 ppm, 5 min). Para la aplicación de diferentes dosis de luz UV-C el producto fue cuidadosamente distribuido en bandejas plásticas y ubicado debajo de lámparas germicidas de UV (TUV G30T8, 30 W, Philips) y fue irradiado a una distancia de 30 cm hasta alcanzar las dosis de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 J/cm². El producto fue mezclado y rotado a fin de asegurar la incidencia de la luz UV en toda la superficie. La intensidad de la radiación fue medida por un radiómetro digital (Cole-Parmer Instrument Company, Vernon Hill, Illinois). Posteriormente las hojas cortadas se envasaron en bandejas plásticas de PVC (40 g) y se recubrieron con polipropileno (PP) de 30 µm.

Para los tratamientos con ozono, bandejas de PVC con 40 g con hojas del vegetal cortado, se confinaron en un recipiente hermético con la concentración deseada de ozono (0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 ppm) durante 10 min. Este gas fue generado en un Generador de Ozono Bio3. Modelo: TDZ-1. La concentración de ozono en el interior de recipiente fue determinada con un Medidor: Gas Alert O₃ Extreme - BW Technology-Honeywell.

Luego del tratamiento las bandejas se recubrieron con PP.

Como control, en ambos casos, se almacenaron muestras sin tratar y se recubrieron con el mismo film. Todas las bandejas se conservaron por 12 días a 5°C. Periódicamente se tomaron muestras y se analizaron los siguientes parámetros:

- Análisis Sensorial: Se realizó un análisis descriptivo cuantitativo, con panel entrenado de 12 jueces, evaluándose las muestras mediante el empleo de una escala estructurada de 9

puntos. Se evaluaron los siguientes descriptores: apariencia, podredumbres por enfermedades fisiológicas y/o por desarrollo microbiano (decay) y color. Se establecieron como límite de aceptabilidad para su comercialización para los descriptores apariencia general y decay, el valor de 6 puntos (Rodríguez y Questa, 2009). Para color, en el que se empleó una escala de evaluación de 5 puntos, el límite fue el valor de 3 puntos.

- Acidez Total: Según AOAC Official Method 942.15. Los resultados se expresan en mg de ácido cítrico / 100 g de tejido fresco.

- Sólidos Solubles: Se determinaron por refractometría, empleando un refractómetro manual Index Instrumens Ltd. Ref. 113 (0-32 °Brix).

- Medición de color: El color superficial de las hojas cortadas de rúcula fue determinado midiendo los parámetros L^* , a^* y b^* con un colorímetro (Minolta CR 300) cubriendo un área de 5 mm^2 . El Hue se calculó como $\tan^{-1}(b/a)$, cuando $a > 0$ y $b > 0$, o como $\tan^{-1}(b/a) + 360$, cuando $a < 0$ y $b > 0$. Asimismo, se calculó el grado de saturación del color o Croma a partir de los valores de los parámetros a^* y b^* de acuerdo a la siguiente expresión: $\text{Croma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$.

- Acido ascórbico (AA) según la metodología de Carvalho et al. (1990). Expresándose los resultados como mg de ácido ascórbico / 100 g de tejido fresco.

4. Resultados y discusión

La vida útil de los vegetales listos para consumir, así como el deterioro del producto por el proceso de senescencia, puede ser determinada a través de la evaluación sensorial de los productos, siendo necesario aplicar la metodología adecuada para estas pruebas (Rodríguez y Questa, 2009). Así, uno de los principales factores de la calidad de estos alimentos es la apariencia general, ya que es uno de los primeros atributos que impacta al consumidor. Así, en estudios realizados por Torales y Rodríguez (2009), se determinó que los principales atributos de calidad para la rúcula cortada mínimamente procesada, que determinan su conservación, son la apariencia general, decay y pérdida de color verde característico. Estos mismos autores determinaron también que el film que permitió conservar mejor la calidad global del producto al cabo de los 15 días fue el polipropileno.

En la Figura 1 A y B se presenta la evolución de la apariencia general y del color en hojas cortadas de rúcula mínimamente procesada sometidas a diferentes dosis de luz UV-C y conservadas a 5°C. Como puede observarse las dosis aplicadas de luz UV-C no ejercieron un efecto negativo, ya que en general todas las muestras presentaron valores similares y próximos a 7, aún a los 12 días de conservación. Sin embargo el control y la dosis de $1,5 \text{ J/cm}^2$ fueron significativamente diferentes del resto y fueron las que mantuvieron la apariencia general del producto en valores más altos. En las muestras tratadas con ozono, se observó que las concentraciones de 0,5 y 2,0 ppm fueron las que presentaron los mayores valores y significativamente diferentes de apariencia general durante el almacenamiento (datos no mostrados).

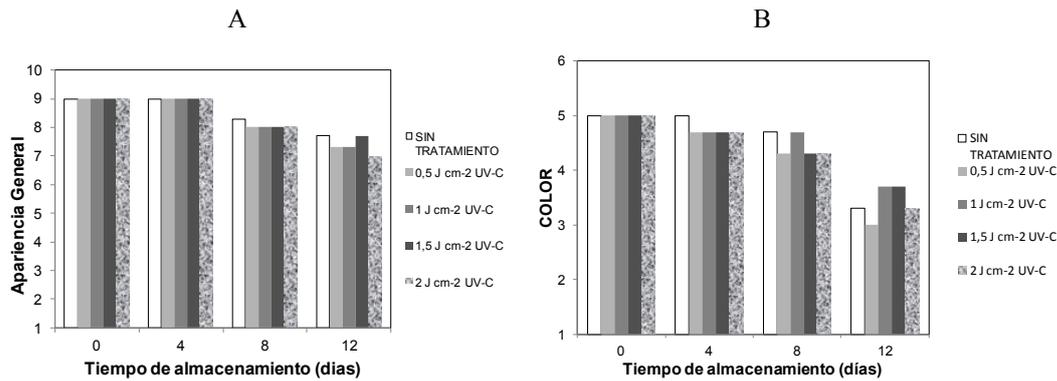


Figura 1: Evolución de: apariencia general (A) y de color (B) de rúcula mínimamente procesada pretratada con diferentes dosis de luz UV-C. (A)- 9: excelente, 7: bueno, 6: limite de comerciabilidad, 5: regular, 3: malo, 1: muy malo. (B)- 5: verde intenso, 4: verde, 3: verde amarillento (no más del 50%), 2: verde amarillento (>50%), 1: > del 75 % amarillo). (A) $LSD_{(0,05)} = 0,4$ (B) $LSD_{(0,05)} = 0,5$.

Uno de los principales factores del acortamiento de la vida comercial de la rúcula es el amarillamiento de las hojas, debido a la pérdida de clorofila (Koukounaras et al., 2007). Como puede observarse en la Figura 1 B, las dosis de 1,0 y 1,5 J/cm² permitieron, aparentemente, conservar por más tiempo el color verde característico de las hojas. Sin embargo no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre el control y las diferentes dosis aplicadas.

Al evaluarse el decay se observó que con ozono no hubo diferencias importantes entre las muestras tratadas con las distintas concentraciones. Si se encontraron diferencias significativas entre la dosis de 2 ppm y el control, el cual presentó valores inferiores y cercanos a 7. Las muestras tratadas con UV-C presentaron al cabo de los 12 días puntajes superiores a 7, presentando los mayores valores ($P < 0,05$) las muestras tratadas con 1,0 y 1,5 J/cm², con puntajes de aproximadamente 8.

Las principales características que definen la calidad organoléptica de los vegetales son: la apariencia fresca, una textura aceptable, buen sabor y olor (Rodríguez y Questa, 2009). Al analizar en conjunto los descriptores analizados a través del análisis sensorial, se puede resumir que las dosis más adecuadas de luz UV-C serían las de 1,5 y 1,0 J/cm² y las de ozono la concentración de 2 ppm.

Al evaluar el color, se determinó que L* al inicio del almacenamiento, en todas las muestras, presentó valores de aproximadamente 96, posteriormente este parámetro descendió a valores próximos a 65 al cabo de los 4 días y luego se mantuvo en ese nivel hasta el final de la conservación, no encontrándose diferencias importantes entre los valores alcanzados entre las muestras tratadas con las diferentes dosis de UV-C (Figura 2 A). No se encontraron diferencias significativas en el comportamiento de las muestras tratadas con las diferentes concentraciones de ozono y entre las tratadas con UV-C (datos no mostrados).

Estos datos son coincidentes con los encontrados por Artes-Hernandez et al. (2009) en espinacas, en las que observó una disminución de la luminosidad durante el almacenamiento refrigerado, probablemente debido al daño del tejido superficial en las hojas tratadas con UV-C con las siguientes dosis 0,45, 0,80 y 1,13 J/cm².

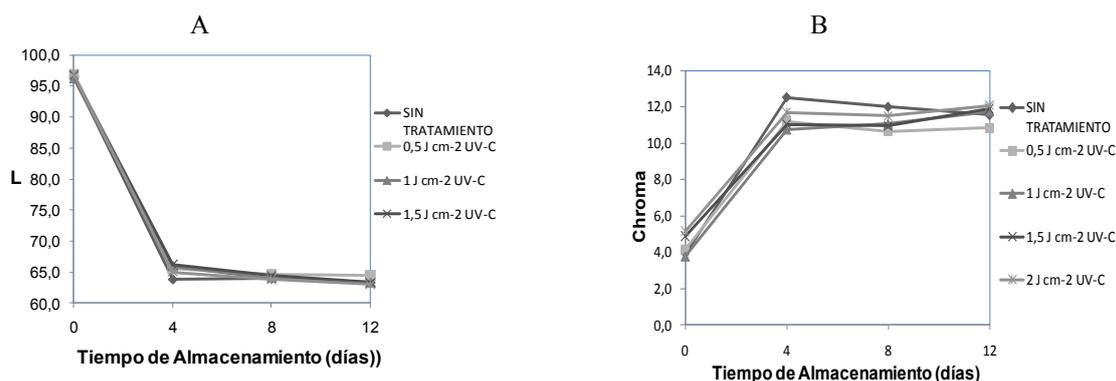


Figura 2: Evolución de L* (A) y Evolución del Chroma (B), en hojas cortadas de rúcula sometidas a diferentes dosis de luz UV-C y posteriormente almacenadas a 5°C. A- $LSD_{(0,05)} = 4,1$. B- $LSD_{(0,05)} = 0,7$.

Al evaluar la evolución del Chroma (Figura 2 B) se observó que en general la tendencia fue la de un ligero aumento para todas las muestras en los primeros días, manteniéndose posteriormente sin variaciones importantes hasta el final del almacenamiento. No se encontraron diferencias significativas entre el control y las muestras tratadas con luz UV-C y las tratadas con ozono.

Al analizar la evolución del Hue tampoco se encontraron diferencias significativas entre el control y las muestras tratadas y entre las muestras tratadas con ozono y UV-C, permaneciendo en niveles prácticamente constantes durante todo el almacenamiento. Estos datos son coincidentes con los obtenidos por Torales y Rodríguez (2010), quienes encontraron un comportamiento similar en rúcula mínimamente procesadas, recubierta con bolsas de polipropileno y almacenada a 6°C.

Al evaluar la evolución de los sólidos solubles en las muestras tratadas con UV-C y ozono se observó que luego del tratamiento no hubo efecto sobre este parámetro. Durante el almacenamiento refrigerado se observó que en todas las muestras tratadas con UV-C hubo una ligera disminución significativa en el tiempo encontrándose al final de la conservación una reducción de aproximadamente entre el 25-35%. Sin embargo, en las muestras tratadas con ozono no se encontraron variaciones significativas a lo largo del almacenamiento refrigerado. Por otra parte, se analizó la evolución del contenido de acidez de las distintas muestras no encontrándose diferencias significativas entre ellas así como tampoco en el tiempo que duró el almacenamiento tanto para las muestras tratadas con UV-C como con ozono, permaneciendo en valores aproximados de 0,11 mg ác. cítrico/100 g tejido fresco.

Al analizar el contenido de ácido ascórbico luego de realizados los tratamientos con luz UV-C y en las muestras control, se determinó que la irradiación tuvo un efecto inmediato sobre este parámetro, reduciéndolo en niveles mayores a medida que la intensidad de la radiación aplicada aumentó. Así, luego del tratamiento, en las muestras irradiadas con la dosis 0,5 J/cm² el nivel de AA disminuyó en aproximadamente un 12%, en las tratadas con 1 J/cm² un 19%, con 1,5 J/cm² aproximadamente 30% y en las tratadas con 2,0 J/cm² disminuyó hasta un 40%.

En la Figura 3 se presenta la evolución de ácido ascórbico, en valores relativos (C/C_0), siendo C_0 la concentración inicial de AA del control al tiempo inicial. En la gráfica A, se puede observar que las muestras tratadas con UV-C redujeron su nivel inmediatamente de tratadas, sin embargo durante el almacenamiento refrigerado, si bien hubo una disminución paulatina también en todas las muestras, el porcentaje de reducción fue inferior al control. Es así que en las muestras tratadas con 0,5; 1,0 y 2,0 J/cm² el nivel de AA disminuyó en aproximadamente un 50% al final de la conservación, mientras que en las muestras tratadas

con $1,5 \text{ J/cm}^2$ disminuyó aproximadamente 30%. De esta forma a los 12 días no hubo diferencias significativas entre el control y las muestras tratadas con $1,5 \text{ J/cm}^2$.

En los tratamientos con ozono (Figura 3 B) se determinó que el contenido de AA también se redujo, pero a diferencia de las muestras tratadas con UV-C, los niveles de reducción fueron menores. Así, luego del tratamiento, en las muestras tratadas con 0,5 y 1,0 mg/l O_3 el AA disminuyó aproximadamente un 10%, y las tratadas con 1,5 y 2,0 mg/l disminuyeron aproximadamente un 5%. Al final del almacenamiento se determinó que en las muestras tratadas con 0,5 y 1,0 mg/l O_3 el nivel de AA disminuyó aproximadamente un 50%, mientras que para las concentraciones de 1,5 y 2,0 mg/l un 15%, encontrándose diferencias significativas entre estas dosis y el control (reducción del 60%).

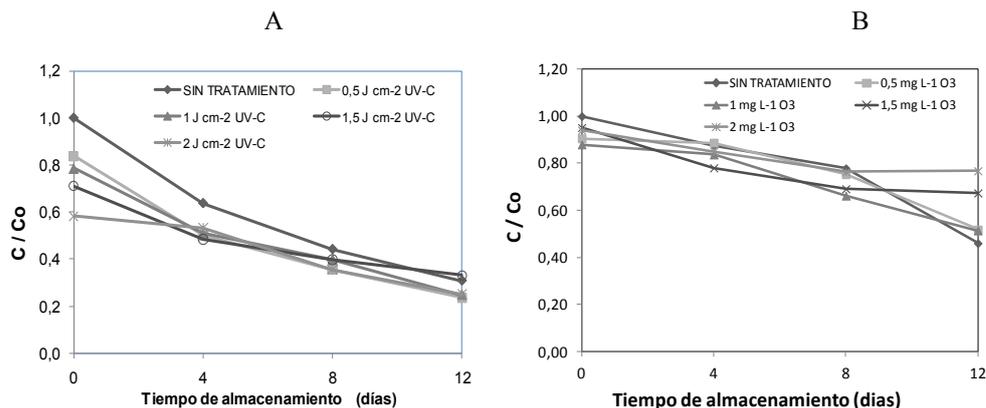


Figura 3: Evolución de AA en hojas cortadas de rúcula: A- tratadas con luz UV-C; B- tratadas con O_3 , almacenadas a 5°C . A- $\text{LSD}_{(0,05)} = 0,5$. B- $\text{LSD}_{(0,05)} = 0,12$.

En los vegetales cortados listos para consumir, el objetivo principal del uso de luz UV-C y del ozono es el de reducir la carga microbiana superficial. Por lo tanto, es importante determinar en primer lugar la mayor dosis que puede emplearse para cada caso en particular, que a su vez permita conservar los otros parámetros que definen la calidad del vegetal. Por lo tanto es importante evaluar las características organolépticas así como nutricionales.

5. Conclusiones

En función de los parámetros evaluados en este trabajo (el cual representa la primera parte de un estudio más completo), se podrían aplicar las dosis de 1,0 y de $1,5 \text{ J/cm}^2$ de luz UV-C y 2 ppm de ozono en estudios posteriores, a fin de diseñar un proceso de elaboración para rúcula precortada con el fin de prolongar su vida útil con cargas microbianas lo más bajas posibles y acordes a este tipo de producto.

6. Bibliografía

- Aguayo, E.; Escalona, V.; Artés, F. (2006). Effect of the cyclic exposure to ozone gas on phytochemical, sensorial and microbial quality in whole and sliced tomatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 39: 166-177.
- AOAC 15th ED. (1993). Association of Official Analytical Chemists: Washington, DC.
- Artes, F.; Conesa, A.; López-Rubira, V.; Artés-Hernandez, F. (2006). UV-C treatments for improving microbial quality in whole and minimally processed bell

pepers. En: The use of UV as a postharvest treatment: Status and prospects. Edit. Antalya Kros Ofset -Yakup Kublay. 12-17.

- Artés-Hernández, F.; Escalona, V.H.; Robles, P.A.; Martínez-Hernández, G.B.; Artés, F. (2009). Effect of UV-C radiation on quality of minimally processed spinach leaves. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(3): 414-421.
- Barillari, J.; Canistro, D.; Paolini, M.; Ferroni, F.; Pedulli, G.F.; Iori, R.; Valgimigli, L. (2005). Direct antioxidant activity of purified glucoerucin, the dietary secondary metabolite contained in rocket (*Eruca sativa* Mill) seeds and sprouts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 2475-2482.
- Barka, E.A.; Kalantari, S.; Makhlouf, J.; Arul J. (2000). Impact of UV-C irradiation on the cell wall-degrading enzymes during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 667-671.
- Ben-Yehoshua, S.; Mercier, J. (2005). UV irradiation, biological agents and natural compounds for controlling postharvest decay in fresh fruits and vegetables. En: Environmentally friendly technologies for agricultural produce quality. Edit: CRC Taylor & Francis. Boca Raton. Florida. 265-299.
- Cantwell, M. (2001). Properties and recommended conditions for long-term storage of fresh fruits and vegetables. <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/Storage/properties-scient.pdf>.
- Carvalho, C.R.L.; Mantovani, D.M.B.; Carvalho, P.R.N.; Moraes, R.M. (1990). Análisis químicos de alimentos. Campinas: ITAL.
- Koukounaras A, Siomos A S, Sfakiotakis E. (2007). Postharvest CO₂ and ethylene production and quality of rocket (*Eruca sativa* Mill.) leaves as affected by leaf age and storage temperature. *Postharvest Biology and Technology*. 46 167-173.
- Rodríguez, S. del C.; Questa, A.G. (2009). Evaluación sensorial de vegetales frescos y mínimamente procesados. *Trabajos Completos del CLICAP*. 1-7.
- Torales, A.C.; Rodríguez, S. del C. (2009). Efecto de películas plásticas en la conservación refrigerada de rúcula (*Eruca sativa*, Mill) mínimamente procesada. *Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA*, 2: 60-65.
- Torales, A.C.; Rodríguez, S. del C. (2010). Efecto de Películas plásticas en Parámetros fisiológicos relacionados con la capacidad antioxidante y senescencia de rúcula mínimamente procesada. *Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA*, 571-577.
- Vicente, A.R.; Pineda, C.; Lemoine, L.; Civello, P.M.; Martinez, G.A.; Chaves, A.R. (2005). UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. *Postharvest Biology and Technology*, 35: 69-78.